

W energetyce jądrowej – w przeciwieństwie do tradycyjnych źródeł, w których energię uzyskujemy w wyniku reakcji spalań węgla lub gazu – energię otrzymuje się na skutek procesów związanych z promieniotwórczością, czyli zdolnością niektórych jąder atomowych do rozpadu promieniotwórczego. Energetyka jądrowa odgrywa bardzo ważną rolę we współczesnym świecie. Niektórzy widzą w niej szansę na dekarbonizację i zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego, z kolei sceptycy dostrzegają liczne zagrożenia związane z wykorzystaniem radioaktywnego źródła energii.

Większość pierwiastków, które występują w przyrodzie, stanowi mieszaninę izotopów. Izotopy mogą być stabilne albo niestabilne, przez co samorzutnie mogą ulegać tzw. przemianie promieniotwórczej. Przemiana ta może być wywołana ich oddziaływaniem wzajemnym bądź też oddziaływaniem z cząstkami elementarnymi. Izotopy promieniotwórcze charakteryzuje czas połowicznego rozpadu będący miarą spadku aktywności promieniotwórczej próbki do połowy swojej wartości początkowej. Szczególnym rodzajem promieniotwórczości jest rozszczepienie jądra atomowego, podczas którego radioaktywne jądro rozpada się na dwa fragmenty o zbliżonych masach. W wyniku tej reakcji uwalniają się cząstki elementarne, neutrony, które mogą indukować kolejne rozszczepienia, oraz znaczna ilość energii w postaci kwantów wysokoenergetycznego promieniowania gamma. To zjawisko nazywane jest reakcją łańcuchową.

W przypadku energetyki jądrowej największe praktyczne znaczenie ma rozsz-

czepienie wymuszone, polegające na uderzeniu wiązki neutronów o odpowiedniej energii w atom promieniotwórczego pierwiastka. Najczęściej w reaktorach jądrowych jako materiał rozszczepialny wykorzystywany jest uran, a ściślej ujmując jego forma wzbogacona, czyli taka, która zawiera zwiększoną ilość izotopu ^{235}U niż uran występujący naturalnie.


Podstawowym problemem energii jądrowej jest utylizacja odpadów promieniotwórczych, czyli odpadów zawierających zużyte paliwo jądrowe, a także odpadów promieniotwórczych związanych z procesami wydobycia rudy uranu, a następnie jego wzbogacania. Z odpadami promieniotwórczymi wiąże się również takie kwestie, jak transport oraz składowanie. Materiał radioaktywny uważa się za zużyty po ok. 3 latach pracy. Zużyte paliwo nie przestaje być jednak radioaktywne, dlatego musi być składowane w specjalnych magazynach i pojemnikach, gdyż nawet drobne rozszczelnienie mogłoby doprowadzić do przeniknięcia nie-


bezpiecznych dla zdrowia substancji do gruntu, a stamtąd do źródeł wody pitnej i wchłonięte przez istoty żywe. Niezwykle ważny jest też wybór miejsca składowania. Niestety odpady promieniotwórcze stały się przedmiotem handlu i często sprzedawane są do uboższych krajów.

Jednym z pomysłów na poradzenie sobie z radioaktywnymi odpadami jest niezwykle projekt Onkalo (fin. schowek) w Finlandii. To składowisko wydrążone w skale na głębokości pół kilometra pod ziemią może przechować 6500 ton wypalonego paliwa jądrowego, zaś proces jego unieszkodliwiania i składowania zajmie ok. 100 000 lat! Wystarczy tylko pomyśleć, gdzie była ludzkość 100 000 lat temu, aby zdać sobie sprawę, że już samo oznaczenie obiektu dla przyszłych pokoleń będzie nie lada wyzwaniem.

Innym istotnym problemem energetyki jądrowej jest zamykanie elektrowni jądrowych. Reaktora jądrowego nie da się po prostu wyłączyć, proces jego wygaszania jest stopniowy i długotrwały, dlatego

BLASKI I CIENIE ENERGII JĄDROWEJ

 dr Agnieszka Sikora

 dr Marek Matussek
Instytut Chemii
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Uniwersytet Śląski
marek.matussek@us.edu.pl



całkowity demontaż elektrowni jądrowej może trwać nawet kilkadziesiąt lat.

Reaktory jądrowe to olbrzymie konstrukcje, które wymagają stałego nadzoru i kontroli. Awarie, choć nie powinny, zdarzają się. Ich konsekwencje są dużo poważniejsze niż awarie elektrowni węglowych. Szczególnie tragiczna w skutkach była katastrofa w elektrowni w Czarnobylu, do której doszło w 1986 roku. Mimo wyłączenia jej z eksploatacji i zbudowania specjalnego sarkofagu zwanego Arką nadzoru wciąż wymagają znajdujące się tam reaktory. Po inwazji Rosji na Ukrainę 24 lutego 2022 roku elektrownia została przejęta przez wojska rosyjskie, stając się niegodziwą kartą przetargową. Sytuacja ta pokazuje, że elektrownie jądrowe – nawet nieczynne – mogą stać się celem zamachów terrorystycznych.

Awaryjne w elektrowniach jądrowych mogą nastąpić również z przyczyn niezależnych od człowieka, jak np. w elektrowni jądrowej w Fukushima w 2011 roku. Do katastrofy doszło w wyniku

tsunami spowodowanego silnym trzęsieniem ziemi, którego hipocentrum położone było pod dnem Oceanu Spokojnego. Do awarii systemów bezpieczeństwa doszło, mimo iż elektrownia miała zabezpieczenia przed różnymi formami katastrof naturalnych.

Na koniec trzeba wspomnieć o innym wykorzystaniu energii jądrowej, a mianowicie o broni jądrowej. Ludzkość bardzo szybko zorientowała się, że siła rażenia bomby jądrowej jest o wiele większa niż w przypadku konwencjonalnego materiału wybuchowego, a konsekwencje jej użycia znacznie poważniejsze zarówno dla ludzi, jak i środowiska. Dlatego niemal od chwili jej skonstruowania podejmowano (z różnym skutkiem) rozmowy na temat początkowo ograniczenia prób z bronią jądrową, później ich zakazu, nierozprzestrzeniania broni, a także rozbrojenia. Niestety liczba głowic nuklearnych na świecie jest zatrważająca. Oficjalnie same Stany Zjednoczone posiadają ich 7260, a Rosja

7500. Długa jest także lista krajów pracujących nad bombą jądrową. Broń ta stała się przedmiotem szantażu w wielu wojnach, w tym w Ukrainie.

Energia pozyskiwana przy udziale paliwa jądrowego niesie za sobą wiele zagrożeń, lecz ma również szereg bezspornych zalet. Na pewno mocną stroną energii jądrowej jest jej niskoemisyjna produkcja, choć niestety procesy związane z wydobyciem paliwa, budową reaktora i składowaniem odpadów radioaktywnych już nie. Rzeczywiście rozszczepienie jądrowe jest źródłem ogromnej energii, w związku z tym elektrownie jądrowe charakteryzują się bardzo niewielką powierzchnią w przeliczeniu na jednostkę wytwarzanej przez nie energii. Energia jądrowa ponadto jest stabilnym i wydajnym źródłem energii, niezależnym od warunków pogodowych. Sami musimy rozważyć, czy zalety przewyższają wady i jakie są konsekwencje zarówno korzystania z energii jądrowej, jak i trwania przy tradycyjnych źródłach.



Sarkofag osłaniający pozostałości zniszczonego reaktora w czarnobylskiej elektrowni jądrowej / fot. Dariusz Rott